

Lindmeier, Anke; Neumann, Knut; Bernholt, Sascha; Eckhardt, Marc; Harms, Ute; Härtig, Hendrik; Heinze, Aiso; Parchmann, Ilka

Diagnostische Instrumente für die Erfassung mathematischer und naturwissenschaftlicher Kompetenzen und deren Adaption für die Analyse der Zusammenhänge zwischen allgemeinen und beruflichen Kompetenzen

formal überarbeitete Version der Originalveröffentlichung in:

formally revised edition of the original source in:

Nickolaus, Reinhold [Hrsg.]: Mathematisch-naturwissenschaftliche Kompetenzen in der beruflichen Erstausbildung. Stand der Forschung und Desiderata. Stuttgart : Steiner 2013, S. 161-181. - (Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik. Beiheft; 26)



Bitte verwenden Sie in der Quellenangabe folgende URN oder DOI /

Please use the following URN or DOI for reference:

urn:nbn:de:0111-pedocs-109946

10.25656/01:10994

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-109946>

<https://doi.org/10.25656/01:10994>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation

Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: pedocs@dipf.de

Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Lindmeier, A., Neumann, K., Bernholt, S., Eckhardt, M., Harms, U., Härtig, H., Heinze, A. & Parchmann, I. (2013). Diagnostische Instrumente für die Erfassung mathematischer und naturwissenschaftlicher Kompetenzen und deren Adaption für die Analyse der Zusammenhänge zwischen allgemeinen und beruflichen Kompetenzen. In R. Nickolaus, J. Retelsdorf, E. Winther & O. Köller (Hrsg.), Mathematisch-naturwissenschaftliche Kompetenzen in der beruflichen Erstausbildung. Stand der Forschung und Desiderata (Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Beiheft 26) (S. 161–182). Stuttgart: Franz Steiner.

Diagnostische Instrumente für die Erfassung mathematischer und naturwissenschaftlicher Kompetenzen und deren Adaption für die Analyse der Zusammenhänge zwischen allgemeinen und beruflichen Kompetenzen

Anke Lindmeier, Knut Neumann, Sascha Bernholt, Marc Eckhardt, Ute Harms, Hendrik Härtig, Aiso Heinze & Ilka Parchmann

Kurzfassung

Die Ergebnisse internationaler und nationaler Vergleichsstudien legen nahe, dass ein beträchtlicher Teil von Schülerinnen und Schülern die allgemeinbildende Schule mit unzureichenden mathematischen und naturwissenschaftlichen Kompetenzen verlässt. Empirisch ist bisher aber nur ungenügend geklärt, inwieweit allgemeinbildende Kompetenzen, wie sie in internationalen und nationalen Vergleichsstudien – zuletzt in der Überprüfung der Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss in Mathematik und den Naturwissenschaften – erfasst werden, überhaupt prädiktiv für die berufliche Kompetenzentwicklung sind. Aufbauend auf einem Modell, das zwischen allgemeinen, allgemeinen berufsfeldbezogenen und beruflichen Kompetenzen unterscheidet, wird in dem vorliegenden Beitrag ausgehend von den vorliegenden Instrumenten zur Erfassung allgemeinbildender mathematischer und naturwissenschaftlicher Kompetenzen diskutiert, inwieweit diese geeignet sind, die Kompetenzentwicklung im Verlauf der beruflichen Ausbildung abzubilden. Zudem werden mögliche Ansätze für eine breitere Erfassung der in der beruflichen Ausbildung vermittelten Kompetenzen identifiziert und beispielhaft illustriert.

Abstract

International and national large-scale assessments suggest that a substantial number of German students fail to achieve a reasonable level of mathematical and scientific literacy at the end of middle school education. As many of these students enter vocational training, their subpar performance is widely considered a threat to the preparation of a qualified workforce. However, until now there is only little evidence whether students' performance in school mathematics or science affects the development of their professional competence during vocational training. This article discusses existing instruments for assessing students' mathematical and scientific literacy. These instruments are analyzed with respect to their suitability for monitoring the development of students' competences during vocational

training based on a three-dimensional model that differentiates between literacies as educational outcome and related competences with certain or strong professional relevance. Resulting adjustments and extensions of the instruments are discussed and exemplified.

Diagnostische Instrumente für die Erfassung Mathematischer und
Naturwissenschaftlicher Kompetenzen und deren Adaption für die Analyse der
Zusammenhänge zwischen Allgemeinen und Beruflichen Kompetenzen

Einleitung

Die allgemeinbildende Schule soll Schülerinnen und Schüler unter anderem auf die berufliche Ausbildung vorbereiten. Ob dies gelingt, wurde in Anbetracht der beträchtlichen Anteile von Schülerinnen und Schülern, die in internationalen und nationalen Vergleichsstudien höchstens die niedrigste Stufe mathematischer und naturwissenschaftlicher Grundbildung erreichten, bezweifelt (vgl. Geißel u.a. in diesem Heft). In der Folge entbrannte eine Diskussion um die Ziele mathematischer und naturwissenschaftlicher Bildung, in deren Verlauf sich eine Verschiebung der Unterrichtsziele in Mathematik und den naturwissenschaftlichen Fächern vollzog, so dass statt Wissen und der Anwendung von Wissen in eng definierten Kontexten der Erwerb von Kompetenz in den Vordergrund trat. Unter Kompetenz werden in diesem Kontext in Anlehnung an Weinert (2001) diejenigen Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie sozialen, motivationalen und volitionalen Bereitschaften verstanden, die für die Lösung von Problemen in variablen Situationen erforderlich sind (vgl. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Bundesrepublik Deutschland [KMK], 2004, 2005a, 2005b, 2005c). Durch die Einführung nationaler Bildungsstandards sowie deren regelmäßige Überprüfung unter Führung des Instituts zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) soll sichergestellt werden, dass die Schülerinnen und Schüler eine naturwissenschaftliche und mathematische Grundbildung und damit die notwendige Ausbildungsreife erwerben. Dazu wurden spezifische Projekte ins Leben gerufen, in deren Rahmen die Bildungsstandards für Mathematik und die naturwissenschaftlichen Fächer durch ein Kompetenzmodell konkretisiert und im Anschluss daran durch Aufgaben operationalisiert

werden sollen (vgl. für die Naturwissenschaften: Walpuski u.a. 2010; für die Mathematik: Blum u.a. 2006, wobei eine empirische Überprüfung des Kompetenzmodells für die Sekundarstufe I hier noch aussteht). Inwieweit die in diesem Rahmen entwickelten Instrumente jedoch geeignet sind zu erfassen, inwieweit Schülerinnen und Schüler eine naturwissenschaftliche und mathematische Grundbildung im Sinne einer Ausbildungsreife erworben haben, ist bisher nicht untersucht. Im Gegenteil beruhen bisherige Erkenntnisse zur Prädiktivität der Leistung in Mathematik und den Naturwissenschaften im Wesentlichen auf globalen Maßen wie der Abschlussnote im jeweiligen Fach oder maximal auf spezifisch konstruierten Instrumenten, die sich nicht in eine übergreifende Rahmenkonzeption einordnen lassen. Die Untersuchung der prädiktiven Aussagekraft allgemeiner mathematischer und naturwissenschaftlicher Kompetenzen für die Entwicklung beruflicher Kompetenzen erfordert aber Instrumente, die sowohl allgemeine mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen als auch berufliche Kompetenzen erfassen können. Dabei müssen für ein tiefergehendes Verständnis auch Entwicklungen innerhalb und im Wechselspiel der Kompetenzbereiche abbildbar sein. Gerade weil Schule und Ausbildung unterschiedliche Zielsetzungen auf Grundlage unterschiedlicher Kompetenzverständnisse haben, muss dabei die Transformation von Fähigkeiten berücksichtigt werden. Dieser Übergang wird in dem Beitrag von Neumann u.a. (in diesem Heft) detailliert analysiert und mündet in einem Modellvorschlag als Grundlage für die Beschreibung der Entwicklung allgemeiner mathematischer und naturwissenschaftlicher Kompetenzen und beruflicher Kompetenzen am Übergang von der allgemeinbildenden Schule in die Berufsausbildung. Dabei wird neben den Dimensionen allgemeiner (mathematischer und naturwissenschaftlicher) Kompetenzen sowie beruflicher Kompetenzen zusätzlich der Bereich berufsfeldbezogener (mathematischer und naturwissenschaftlicher) Kompetenzen postuliert. Dieser bezieht sich auf mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen wie sie im Rahmen des jeweiligen Berufs benötigt

werden, die aber grundsätzlich bereits in der Schule vermittelt werden bzw. erworben werden können.

Nach einer zusammenfassenden Darstellung dieses Modells wird in diesem Beitrag anhand von Beispielen diskutiert, welche Instrumente zur Operationalisierung der einzelnen Dimensionen des Modells benötigt werden. Dabei wird die Eignung bestehender Aufgaben für die Erfassung der Entwicklung und Transformation allgemeiner Kompetenzen im Rahmen der Ausbildung analysiert. Darauf aufbauend wird begründet, in welchen Bereichen zusätzlich neue Aufgaben benötigt werden, um Entwicklungen und Übergänge vom allgemeinbildenden in den beruflichen Bildungsbereich hinreichend differenziert erfassen zu können.

Allgemeine und berufliche Kompetenz

Der Begriff der Kompetenz wird – als Ziel schulischer und beruflicher Ausbildung – unterschiedlich verwendet. Erpenbeck (2009) kontrastiert beide Konzeptualisierungen gegeneinander. Dabei charakterisiert er die schulische Konzeption, wie sie sich auf Grundlage von Weinert (2001) sowie der weiteren Spezifizierung von Klieme und Leutner (2006) auch in den Bildungsstandards (KMK 2004, 2005a, 2005b, 2005c) findet, als Kognitionsrichtung und die Konzeptualisierung in der beruflichen Bildung als Performanzrichtung. Während in der Kognitionsrichtung Kompetenzen als kontextspezifische kognitive Dispositionen verstanden werden, die strikt funktional auf die Bewältigung domänenspezifischer Situationen und Anforderungen bezogen sind, zeichnet sich die Performanzrichtung dadurch aus, dass Kompetenzen ausgehend von der beruflichen Situation, also dezidiert domänenübergreifend, verstanden werden (Erpenbeck, 2009, S. 18). Dabei bleibt offen, inwiefern die unterschiedlichen Konzeptualisierungen anschlussfähig zueinander sind. Dies ist allerdings gerade vor dem Hintergrund des allgemeinen

Bildungsauftrags der Schule eine wichtige Frage.

Im Sinne von Mittelstraß (1989) kann die Schule nicht nur darauf abzielen, „Verfügungswissen“ zu vermitteln, das unmittelbare instrumentelle Bedeutung für die Bewältigung beruflicher und alltäglicher Anforderungen hat. Vielmehr sollen die Schülerinnen und Schüler auch „Orientierungswissen“ aufbauen, das eine situationsadäquate Interpretation beruflicher und alltäglicher Anforderungen ermöglicht. Betrachtet man den Fachunterricht der allgemeinbildenden Schule, so ist beispielsweise für das Fach Mathematik erkennbar, dass die im Unterricht behandelten Inhalte in ihrer Struktur wesentlich an den Charakter der Bezugswissenschaft Mathematik angelehnt sind. Es geht also eher darum, universell gültiges und einsetzbares mathematisches Wissen zu vermitteln (Kognitionsrichtung) und weniger darum, eine Orientierung für die in der beruflichen Ausbildung angestrebten Kompetenzen im Sinne einer Performanzorientierung anzubieten. Zentrales Ziel des Fachunterrichts in der allgemeinbildenden Schule ist also nicht mehr und nicht weniger, als den Schülerinnen und Schülern durch eine fachliche Grundbildung eine aktive Teilhabe an der Gesellschaft zu ermöglichen und die fachliche Grundlage für anschlussfähiges berufsbezogenes Lernen schaffen (KMK 2004, 2005a, 2005b, 2005c).

Berufliches Lernen hingegen zielt auf den Erwerb von Handlungskompetenz ab, worunter diejenigen Fähigkeiten und Fertigkeiten subsummiert sind, die zur erfolgreichen Bewältigung komplexer beruflicher Anforderungssituationen benötigt werden (vgl. Seeber & Nickolaus 2010; Franke 2005). Dabei beinhaltet der Begriff die flexible Anwendbarkeit der Kompetenzen im Spektrum beruflicher Situationen. Die unterschiedlichen Zielsetzungen allgemeiner und beruflicher Bildung zeigen sich auch in der Organisation der Lernprozesse, die in der Berufsschule meist in Lernfeldern statt in Fächern strukturiert sind und so den beruflichen Anforderungen Rechnung tragen (Riedl, 2004). Wie Neumann u.a. (in diesem Heft) darstellen, kann angenommen werden, dass Veränderungen in der Zielsetzung mit einer

Veränderung der Kompetenzstruktur einhergehen. Demnach darf nicht davon ausgegangen werden, dass Auszubildende im Rahmen ihrer Berufsausbildung ausschließlich fachliche Kompetenzen erwerben und allgemeine mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen lediglich die Grundlage für die Entwicklung dieser Kompetenzen liefern. Vielmehr können komplexe Wechselwirkungsprozesse vermutet werden, in deren Rahmen im Extremfall bestimmte allgemeine mathematische und naturwissenschaftliche Fähigkeiten und Fertigkeiten mit beruflichen Fähigkeiten und Fertigkeiten verschmelzen, während sich andere ausdifferenzieren. Neumann u.a. (in diesem Heft) postulieren – ausgehend von einem Vergleich der Strukturen allgemeiner mathematischer und naturwissenschaftlicher Kompetenzen auf der einen und Strukturen beruflicher Kompetenz für ausgewählte Berufsfelder auf der anderen Seite – drei Dimensionen von Kompetenz als Rahmen für die Beschreibung der Kompetenzentwicklung am Übergang von der allgemeinbildenden Schule in die Berufsausbildung: allgemeine mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen, berufsfeldbezogene mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen und berufliche Kompetenzen (vgl. Abbildung 1).

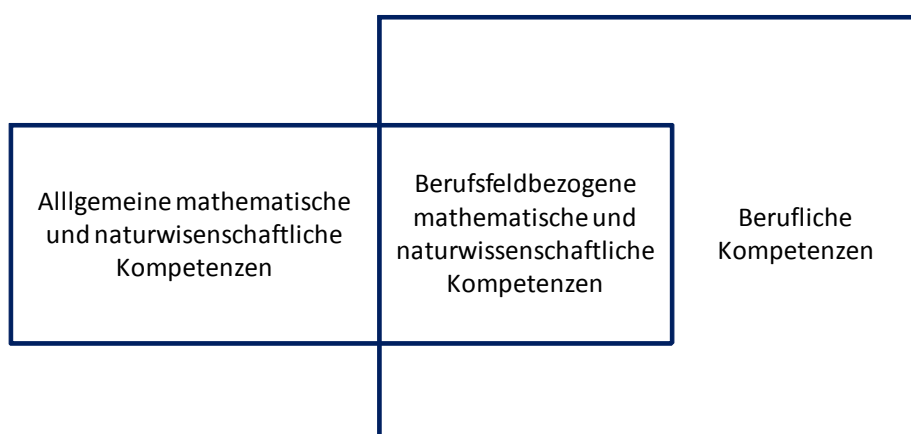


Abb. 1: Zusammenhang zwischen den verschiedenen, für die Kompetenzentwicklung in der beruflichen Ausbildung relevanten Kompetenzdimensionen

Bezogen auf das Beispiel Mathematik, umfasst die erste Dimension allgemeine mathematische Kompetenzen, die ausschließlich in schulischen bzw. alltäglichen Situationen relevant sind. Die zweite Dimension umfasst diejenigen allgemeinen mathematischen Kompetenzen, die im jeweiligen Berufsfeld relevant sind. Die dritte Dimension umfasst schließlich berufsspezifische Kompetenzen, wie sie im jeweiligen Beruf relevant sind bzw. erworben werden. Inwieweit sich die Kompetenzen der zweiten Dimension als eigenständige Kompetenzen nachweisen lassen und ggf. sogar ausdifferenzieren oder im Verlauf der beruflichen Ausbildung mit berufsspezifischen Kompetenzen zu einer übergeordneten Kompetenz verschmelzen, ist empirisch bisher nicht geklärt. Die Befundlage erlaubt entsprechend auch keine weitere Ausdifferenzierung des Modells (vgl. Neumann u.a. in diesem Heft). Das Modell bildet damit zunächst lediglich einen Rahmen für die Beschreibung der Kompetenzentwicklung am Übergang von der allgemeinbildenden Schule in die berufliche Ausbildung. Um die Entwicklung der Kompetenz in den drei Dimensionen empirisch abbilden zu können werden entsprechende Instrumente benötigt. Zudem müssen die jeweiligen Kompetenzen innerhalb der Modellbereiche differenziert genug erfasst werden, damit es möglich wird, Ausdifferenzierungs- und Verschmelzungsprozesse, wie sie im Verlauf der Ausbildung beobachtet werden konnten, innerhalb bzw. zwischen diesen Dimensionen zu beschreiben.

Instrumente zur Erfassung von allgemeinen und beruflichen Kompetenzen

Dieser Abschnitt diskutiert zunächst allgemein die Möglichkeiten für eine Operationalisierung der allgemeinen, berufsfeldbezogenen und beruflichen Kompetenzen. Daran schließt sich eine differenzierte Betrachtung für die Mathematik und die Naturwissenschaften an. Am Beispiel von Aufgaben, wie sie zur Überprüfung der Bildungsstandards entwickelt wurden, wird anschließend dargestellt, wie sich die dort

abgebildeten Anforderungssituationen von solchen Anforderungssituationen unterscheiden, die berufsfeldbezogene mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen erfordern. Abschließend werden die Konsequenzen für eine differenzierte Erfassung der Kompetenzen in den drei Dimensionen und damit für die Adaption bzw. Neuentwicklung von Instrumenten zur Erfassung der Kompetenzen in den drei oben formulierten Kompetenzdimensionen zusammengefasst.

Für die Erfassung allgemeiner mathematischer und naturwissenschaftlicher Kompetenzen (siehe Abbildung 1) bietet es sich an, die Instrumente, die im Rahmen der Überprüfung der Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss in Mathematik und den naturwissenschaftlichen Fächern entwickelt wurden, zu verwenden. In der Mathematik ist dies im Projekt „Normierung und Illustrierung der Bildungsstandards für das Fach Mathematik“ in Angriff genommen worden.

Dafür wurde entsprechend den Vorgaben der Bildungsstandards (vgl. Neumann u.a. in diesem Heft) ein umfangreicher Aufgabenpool entwickelt, der parallel zur PISA Studie 2006 normiert wurde. Für die Naturwissenschaften wurde im Jahr 2008 das Projekt „Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften für die Sekundarstufe 1“ (ESNaS) ins Leben gerufen. Im Rahmen dieses Projekts wurde zunächst ein an den Vorgaben der Standards orientiertes, aber deutlich komplexeres Strukturmodell naturwissenschaftlicher Kompetenz entwickelt (ebd.). Analog zur Vorgehensweise bei der Überprüfung der Bildungsstandards Mathematik wurde darauf in mehreren Schritten ein Aufgabenpool entwickelt, der aktuell im Rahmen einer groß angelegten Normierungsstudie genutzt wird, um Informationen über den Entwicklungsstand der Kompetenzstrukturen von Schülerinnen und Schüler in den naturwissenschaftlichen Fächern am Ende der Sekundarstufe I zu gewinnen (vgl. Walpuski u.a. 2008; Kauertz u.a. 2010; Kremer u.a. 2012). Damit liegen umfangreiche Aufgabenpools zu Erfassung allgemeiner mathematischer und

naturwissenschaftlicher Kompetenzen vor. Für die Erhebung beruflicher Kompetenzen wiederum liegen aus der beruflichen Forschung für ausgewählte Berufe Instrumente zur Erfassung der Fachkompetenz vor (Neumann u.a. in diesem Heft; vgl. auch Nickolaus 2011). Diese erlauben für die entsprechenden Berufe insbesondere die differenzierte Erfassung des Fachwissens. So können beispielsweise für KFZ-Mechatronikerinnen und -Mechatroniker die fachwissenschaftlichen Aspekte *Service, Motor, Motormanagement/ Beleuchtung, Kraftübertragung* und *Fahrwerk* identifiziert werden, die auch typischen Tätigkeiten zugeordnet werden können. Mit Blick auf eine differenzierte Erfassung der fachspezifischen Problemlösefähigkeit, die als eine das Fachwissen ergänzende Dimension der Fachkompetenz gesehen wird, besteht noch Entwicklungsbedarf.

Schwierig stellt sich die Konzeption von Instrumenten dar, die allgemeine Kompetenzen mit Hilfe von berufsfeldbezogenen Anforderungen erheben. Es stellt sich insbesondere die Frage, auf welcher Grundlage eine Operationalisierung solcher berufsfeldbezogenen mathematischen oder naturwissenschaftlichen Kompetenzen vorgenommen werden kann. So liegen bisher keine dezidierten Instrumente vor, die allgemeine Kompetenzen in berufsfeldbezogenen Anforderungssituationen erheben.

Zur Bestimmung relevanter Anforderungssituationen können verschiedene Zugänge gewählt werden: Ein augenscheinlich valides, aber auch aufwändiges Verfahren würde darin bestehen, aus Arbeitsanalysen und Beobachtungen am Arbeitsplatz mathematikhaltige oder naturwissenschaftliche Situationen zu identifizieren und die Anforderungen nach der jeweiligen Berufsspezifität zu klassifizieren, so dass Aufgaben daraus entwickelt werden können. Ein weiterer Zugang könnte die Lehrpläne und die berufliche Ausbildung selbst als Ausgangspunkt einer Analyse nehmen, um mathematikhaltige oder naturwissenschaftliche Anforderungen zu identifizieren. Zwar liegen mit den Rahmenlehrplänen (z.B. KMK 2002, 2003) verbindliche Dokumente vor, die als Grundlage

verwendet werden könnten, allerdings erweisen sich diese als nicht geeignet, um mit domänenspezifischem Blick Anforderungssituationen zu extrahieren. Durch die Organisation in Lernfelder bliebe hier nur die Möglichkeit, die Ausbildung selbst als Implementation der Rahmenlehrpläne zu analysieren, was allerdings durch heterogene Umsetzungen ähnlich aufwändig wie eine Arbeitsplatzanalyse ausfallen würde. Somit bleibt ein dritter Zugang, der auf den verbindlichen Abschlussprüfungen der Industrie-und Handelskammer (IHK) basiert. Verwendet man die durch diese Prüfungen kommunizierten Anforderungen als Grundlage für die Entwicklung eines Testinstruments, so folgt man einerseits natürlich einer normativen Setzung, so dass die Relevanz der erhobenen Kompetenzen für berufliche Anforderungssituationen eigentlich nachzuweisen bliebe. Auf der anderen Seite werden die Ergebnisse der Abschlussprüfungen als Nachweis der erfolgreichen beruflichen Ausbildung gewertet, so dass zumindest die Kohärenz der Testergebnisse mit dem Ausbildungserfolg angenommen werden kann. Für die Mathematik und die Naturwissenschaften werden im Folgenden die hier übergreifend dargestellten Überlegungen im Detail konkretisiert.

Mathematik

Mathematikunterricht in der Regelschule zielt auf den Aufbau allgemeiner mathematischer Kompetenzen, wie in den Bildungsstandards beschrieben (vgl. Neumann u.a. in diesem Heft). Das zugrundeliegende Kompetenzmodell unterscheidet dabei verschiedene sogenannte prozessbezogene Kompetenzen, die sich auf zentrale Arbeitsweisen der Mathematik beziehen und die in unterschiedlichen Inhaltsbereichen (den sogenannten Leitideen) erworben werden können. Dabei können zudem Anforderungsbereiche nach der Komplexität der benötigten Denkprozesse unterschieden werden. Die Bildungsstandards orientieren sich also an der Struktur der Bezugswissenschaft Mathematik und zielen auf den Aufbau universell einsetzbarer mathematischer Kompetenzen.

Zur Überprüfung der Bildungsstandards mit Hilfe der bundesweiten Vergleichsarbeiten wurden für das Fach Mathematik Aufgaben entwickelt, die die Kompetenzstruktur der Bildungsstandards abbilden (Blum u.a. 2006). Damit steht ein Aufgabenpool zur Verfügung, mit dem die prozessbezogenen mathematischen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in den verschiedenen mathematischen Leitideen und in den verschiedenen Anforderungsbereichen curriculumsnah erfasst werden können. Die Aufgaben sind in mathematischen sowie alltagsweltlichen bzw. berufsweltlichen Kontexten situiert, greifen jedoch nur auf schulisches oder allgemein bekanntes Wissen zurück. Prinzipiell kann also angenommen werden, dass die vorliegenden Tests auch mathematische Kompetenzen messen, die für Berufe relevant sind. Abbildung 2 zeigt eine Aufgabe zur Erfassung mathematischer Kompetenz bezogen auf die Leitidee *Messen*, die dem Anforderungsbereich *Reproduzieren* (Teilaufgabe 1) und dem Anforderungsbereich *Zusammenhänge herstellen* (Teilaufgabe 2) zuzuordnen ist. Die Aufgabe ist in einem alltagsweltlichen Kontext situiert, alle relevanten Informationen sind angegeben, so dass kein Wissen aus beruflichen Kontexten zur Bearbeitung der Aufgabe nötig ist.

Mit Hilfe dieser Aufgabe können die allgemeinen mathematischen Kompetenzen von Auszubildenden als Eingangsvoraussetzung erfasst und eventuelle selektive Phänomene für die verschiedenen Ausbildungsrichtungen erkannt werden. Zudem können die Fähigkeiten der Berufsschülerinnen und Berufsschüler im Spektrum der vorliegenden Kompetenzen einer repräsentativen nationalen Stichprobe von Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 9 verortet werden. Allerdings gibt es Hinweise darauf, dass sich diese mathematischen Kompetenzen im Verlauf der dualen Ausbildung nur geringfügig weiterentwickeln (z.B. Nickolaus, Geißel & Gschwendtner 2008; Watermann & Baumert 2000). Dies lässt sich mit der oben genannten Verschiebung der Lernziele im Übergang von schulischer zu beruflicher Ausbildung erklären. Anstelle der Entwicklung allgemeiner mathematischer Kompetenzen

wird nun primär die Entwicklung beruflicher Kompetenzen und in diesem Rahmen auch berufsfeldbezogener mathematischer Kompetenzen angestrebt. Mathematisches Denken und Arbeiten wird dann in speziellen Kontexten thematisiert und mit spezifischem Wissen aus dem jeweiligen Berufsfeld verknüpft (Musch, Rach & Heinze 2009; Sträßer 1996). Das geforderte berufliche Kontextwissen (Sachwissen) kann dabei variieren vom Spezialwissen, das nur Personen bekannt ist, die den entsprechenden Beruf ausüben bzw. die Ausbildung durchlaufen haben, bis hin zu Wissen, das zwar spezifisch für ein Berufsfeld ist, aber dennoch Teil des allgemeinen Weltwissens ist.

Sollen also mathematische Kompetenzverläufe im Verlauf der Berufsausbildung umfassend modelliert werden, so ist es erst einmal plausibel, dass solche mathematischen Anforderungen berücksichtigt werden müssen, die in den Kontexten der jeweiligen Berufsfelder situiert sind.

Ob solche berufsfeldbezogenen mathematischen Kompetenzen neben den allgemeinen mathematischen Kompetenzen tatsächlich eine eigene Kompetenzdimension bilden und ob sich diese beiden Kompetenzdimensionen im Ausbildungsverlauf unterschiedlich entwickeln, ist eine Frage, die nur empirisch zu beantworten ist.

entwickelt. Charakteristisch für die verwendeten Aufgaben ist in diesem Fall also, dass mathematische Anforderungen in spezifisch industriekaufmännische Kontexte eingebettet sind, wobei der Berufsfeldbezug je Kompetenzdimension unterschiedlich stark ausgeprägt ist. So ist beispielsweise in Abbildung 3 eine Aufgabe dargestellt, deren industriekaufmännischer Kontext mit allgemeinem Weltwissen zu erschließen ist. Aufgaben wie diese könnten also bereits zu Ausbildungsbeginn als Testaufgaben eingesetzt werden, da keine speziellen Fachtermini verwendet bzw. die Fachtermini – wie der des Meldebestands – erläutert werden. Demzufolge ist die Aufgabe dem Bereich der berufsfeldbezogenen (mathematischen) Kompetenzen zuzuordnen (siehe auch Abbildung 1).

Reißverschlüsse und Nähgarnrollen

Sie arbeiten in der Schwarz Damenbekleidung GmbH. Täglich werden 1.800 Reißverschlüsse und 100 Rollen Nähgarn verbraucht. Die Lieferzeit für beide Produkte beträgt 14 Tage und es werden ein Mindestbestand von 15.600 Stück für Reißverschlüsse bzw. von 1.200 Stück für Nähgarnrollen festgelegt. Damit es zu keinen Engpässen im Lager kommt, muss eine Bestellung aufgegeben werden, sobald der Meldebestand unterschritten wird.

Information zur Berechnung des Meldebestands:

$$\text{Meldebestand} = \text{Tagesverbrauch} \cdot \text{Lieferzeit} + \text{Mindestbestand}$$

1. Frage

Bei welcher Stückzahl liegt der Meldebestand für Reißverschlüsse?

Tragen Sie Ihr Ergebnis unten ein.

Stück

Abb. 3: Beispielaufgabe zur Erhebung berufsfeldbezogener mathematischer Kompetenzen zu Beginn der Ausbildung¹

¹ Angelehnt an einen Aufgabenkontext der IHK-Abschlussprüfung Industriekaufmann/ Industriekauffrau vom

Ein weiteres Beispiel für eine Aufgabe zur Erfassung berufsfeldbezogener mathematischer Kompetenzen findet sich in Abbildung 4. Bei diesem Item kommen jedoch spezifische Aspekte aus dem industriekaufmännischen Kontext zur Anwendung, deren Kenntnis in diesem Fall vorausgesetzt wird. So wird das benötigte Konzept der linearen Abschreibung zwar erwähnt, aber nicht explizit erklärt. Dieses aus dem beruflichen Kontext stammende mathematische Modell, das Kosten und Abschreibungsdauer berücksichtigt, muss den Auszubildenden also bekannt sein und in diesem Zusammenhang aktiviert werden. Es ist zu erwarten, dass viele Auszubildende dieses spezielle Wissen erst im Verlauf der Ausbildung erwerben und es zu Beginn ihrer Ausbildung noch nicht verfügbar ist. Diese Beispielaufgabe ist demnach ebenfalls dem Bereich der berufsfeldbezogenen (mathematischen) Kompetenzen (siehe Abbildung 1) zuzuordnen, kann jedoch erst im Verlauf der Ausbildung als Testaufgabe eingesetzt werden.

Abschreibung einer Maschine

Die Bremsen AG hat eine Maschine zur Herstellung von Betätigungshebeln verkauft und durch eine neue Maschine im Wert von 127.000,00 € ersetzt. Diese wurde am 1. April 2010 in Betrieb genommen. Ihre Nutzungsdauer ist mit 8 Jahren anzusetzen.

1. Frage

Wie hoch ist der lineare Abschreibungsbetrag für das Jahr 2010?

Tragen Sie Ihr Ergebnis unten ein.

_____, ____ €

Abb. 4: Beispielaufgabe zur Erhebung berufsfeldbezogener mathematischer Kompetenzen im weiteren Ausbildungsverlauf²

Herbst 2009 (IHK-AkA 2009)

² Angelehnt an einen Aufgabenkontext der IHK-Abschlussprüfung Industriekaufmann/ Industriekauffrau vom Sommer 2010 (IHK-AkA 2010)

Wie bereits erwähnt ist die hier angerissene analytische Unterscheidung von allgemeinen und berufsfeldbezogenen mathematischen Kompetenzen zunächst theoretischer Natur. Es ist demnach eine empirische Frage, ob es „zwischen“ den allgemeinen mathematischen Kompetenzen und den beruflichen Kompetenzen mit integrierten Mathematikanteilen (vgl. Abbildung 1) noch eine abgrenzbare mathematische Kompetenzdimension gibt und ob diese einen eigenständigen Beitrag zu einem Erklärungsmodell der Kompetenzentwicklung in der beruflichen Ausbildung leistet.

Naturwissenschaften

Den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss in den naturwissenschaftlichen Fächern zufolge soll der Unterricht in den einzelnen Fächern jeweils einen Beitrag zum Aufbau einer naturwissenschaftlichen Grundbildung leisten (KMK 2005a, 2005b, 2005c). Entsprechend wurde im Rahmen des Projekts „Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I“ (ESNaS) ein gemeinsames Modell naturwissenschaftlicher Kompetenz entwickelt, dass neben gemeinsamen Anteilen auch fachspezifische Anteile naturwissenschaftlicher Kompetenz spezifiziert (Kauertz u.a. 2010; vgl. Neumann u.a. in diesem Heft). Dieses Modell unterscheidet drei Dimensionen:

Kompetenzbereiche, Kognitive Prozesse und Komplexität. Die Dimension

Kompetenzbereiche umfasst dabei die in den Bildungsstandards für den Mittleren

Schulabschluss in den naturwissenschaftlichen Fächern benannten Kompetenzbereiche. Die Dimensionen *Kognitive Prozesse* und *Komplexität* stellen eine Ausdifferenzierung der in den Bildungsstandards beschriebenen Anforderungsbereiche dar. Dabei wurde davon ausgegangen, dass sich die in den Bildungsstandards spezifizierten Anforderungsbereiche nur unzureichend für die Kompetenzdiagnose eignen, weil in ihnen verschiedene

schwierigkeitserzeugende Merkmale vermischt werden (Kauertz u.a. 2010). Die Dimension *Komplexität* beschreibt die Komplexität des von den Schülerinnen und Schülern bei der Bearbeitung einer Aufgabe zu generierenden Wissens über fünf hierarchisch geordnete Kompetenzniveaus: *Ein Fakt, Zwei Fakten, Ein Zusammenhang, Zwei Zusammenhänge, Konzept* (vgl. Kauertz u.a. 2010). Die Dimension *Kognitive Prozesse* umfasst in Anlehnung an die Beschreibung von Informationsverarbeitungsstrategien (Weinstein/Mayer 1986) die Prozesse: *Reproduzieren, Selektieren, Organisieren und Integrieren* (vgl. Kauertz u.a. 2010; siehe auch Neumann u.a. in diesem Heft).

Aufbauend auf diesem Modell wurden unter Leitung der am Projekt ESNaS beteiligten Fachdidaktiken der Biologie, Chemie und Physik Aufgaben durch erfahrende Lehrkräfte aus den verschiedenen Bundesländern entwickelt. Um die Aufgaben möglichst unabhängig von den Lehrplänen in den jeweiligen Ländern beziehungsweise dem konkreten Unterricht zu gestalten, wurde entschieden, die jeweils zur Bearbeitung einer Aufgabe benötigten fachlichen Informationen vorzugeben (Kauertz u.a. 2010; vgl. auch Ropohl 2010). Auf Basis dieser Entscheidung wurden die erwarteten kognitiven Prozesse für die Nutzung der gegebenen Informationen und die zur Lösung der Aufgabe erforderlichen Wissensstrukturen konkretisiert (vgl. Tabelle 1). Da die Aufgaben auch zukünftig zur Überprüfung der Bildungsstandards eingesetzt werden, sind die entwickelten Aufgaben teilweise unter Verschluss, um die Ergebnisse der Überprüfung nicht zu verfälschen. Es finden sich jedoch Beispielaufgaben in verschiedenen Publikationen (z.B. Kauertz u.a. 2010; Kremer u.a. 2012). Diese werden im Folgenden genutzt um zu verdeutlichen, welche Kompetenzen als allgemeine naturwissenschaftliche Kompetenzen im Rahmen der Überprüfung der Bildungsstandards erfasst werden. Abbildung 5 zeigt eine Aufgabe aus dem Bereich der Biologie, die dem Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* speziell dem Bereich der *Methoden wissenschaftlicher Untersuchungen* zuzuordnen ist (vgl. Kremer u.a.

2012). Die Aufgabe ist darüber hinaus dem kognitiven Prozess *Organisation* und der Komplexität *Ein Zusammenhang* zuzuordnen (vgl. Kremer u.a. 2012).

Max wants to observe the growth conditions of plants. For an experiment he uses the “Busy Lizzie”, a low maintenance and resistant houseplant.

He conducts the following experiment:

Factors	Plant 1	Plant 2
Temperature	25°C	25°C
Placement	In a sunny window	In a dark closet
Watering	Once a week	Once a week
Fertilization	Twice a week	Twice a week

Give the hypothesis (an educated guess) that underlies Max’s experiment.

Abb. 5: Beispielaufgabe zur Erfassung allgemeiner naturwissenschaftlicher Kompetenzen wie sie im Fach Biologie vermittelt werden sollen (Kremer u.a. 2012)

Abbildung 6 zeigt eine Aufgabe aus dem Bereich der Chemie. Die Aufgabe umfasst zwei Items, die beide dem Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* mit der Komplexität *Ein Zusammenhang* zuzuordnen sind. Das erste Item bildet dabei den kognitiven Prozess *Selektieren*, das zweite Item den kognitiven Prozess *Organisieren* ab.

Eine Aufgabe aus dem Bereich der Physik ist in Abbildung 7 dargestellt. Auch diese Aufgabe entstammt dem Bereich der Erkenntnisgewinnung. Sie ist dem kognitiven Prozess *Organisieren* und der Komplexität *Ein Zusammenhang* zuzuordnen (Kremer u.a. 2012).

Die Entwicklung der Aufgaben wurde durch entsprechende fachdidaktische Forschung begleitet (vgl. Notarp, Kauertz & Fischer 2008; Mannel, Sumfleth & Walpuski 2008; Ropohl, Walpuski & Sumfleth 2009; Ropohl 2010; Neumann 2011). Befunde erster Pilotierungen sind vielversprechend. Insbesondere hat sich die Annahme, dass die Dimensionen *Komplexität* und *Kognitive Prozesse* einen Einfluss auf die Aufgabenschwierigkeit haben, im

Wesentlichen bestätigt (vgl. Kauertz u.a. 2010). Zudem hat sich gezeigt, dass die Vorgabe der Informationen in der Tat den theoretisch zu erwartenden Einfluss hat. Die Schwierigkeitsparameter unterscheiden sich für Aufgaben mit versus ohne Informationsvorgabe auf dem Niveau *Ein Fakt* statistisch signifikant, während sich auf der Stufe *Konzept* kein bedeutsamer Unterschied in der Schwierigkeit der Aufgaben zeigt (Ropohl 2010). Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass Schülerinnen und Schüler auf einem hohen Kompetenzniveau – also Schülerinnen und Schülern, die Aufgaben unter Nutzung konzeptuellen Verständnisses lösen können – in der Lage sind, gegebene Informationen gleichermaßen zu verarbeiten wie das Fehlen der entsprechenden Informationen zu kompensieren. Für Schülerinnen und Schüler, die lediglich Aufgaben auf dem Niveau isolierten Faktenwissens lösen, ist es dagegen bedeutsam, ob sie bereits über das entsprechende Faktenwissen verfügen oder nicht (vgl. Ropohl 2010). Mit den zur Normierung der Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss in den naturwissenschaftlichen Fächern entwickelten Aufgaben liegen damit Aufgaben vor, die geeignet sind, die naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern mit Eintritt in die berufliche Erstausbildung zu erfassen. Zur Erhebung berufsfeldspezifischer Kompetenzen sind diese Aufgaben jedoch nicht geeignet, da sie auf die Erfassung von Kompetenzen im Bereich des Umgangs mit Fachwissen und der Erkenntnisgewinnung ausgerichtet sind. Ausgehend von der Definition nach Weinert (2001) orientieren sich die Aufgaben, wie die Beispiele zeigen, an typische Anforderungssituationen aus den jeweiligen Fächern, die Schülerinnen und Schüler am Ende der Sekundarstufe I erfolgreich bearbeiten können sollten. Dazu gehören fachnahe (vgl. Abbildung 8) und alltagsnahe – konkreter: dem Schulalltag der Schülerinnen und Schüler nahe – Anforderungssituationen (vgl. Abbildung 6 und 7), nicht aber berufliche Anforderungssituationen. Zudem lassen die Aufgaben maximal die Auflösung einzelner Kompetenzen, wie sie in den Bildungsstandards beschrieben werden,

zu. Dies schließt die Erfassung des Wissens in spezifischen Inhaltsbereichen aus, zumal in den Aufgaben zur Überprüfung der Bildungsstandards – wie beschrieben – das Fachwissen vorgegeben wird. Die Befunde aus der Berufsbildungsforschung lassen jedoch vermuten, dass speziell das in der Schule erworbene Wissen zu berufsrelevanten Inhaltsbereichen prädiktiv für die Entwicklung berufsfeldbezogener und beruflicher Kompetenzen ist. So zeigt sich, dass sich beispielsweise bei der Bearbeitung KFZ-spezifischer Probleme zwei Dimensionen des Fachwissens isolieren lassen: Wissen zur Elektrik und Wissen über die Mechanik eines Kraftfahrzeugs (vgl. Gschwendtner, Geißel & Nickolaus 2010). Diese Struktur des Fachwissens zu Beginn der Berufsausbildung ließe sich durch Unterschiede im schulisch erworbenen physikalischen Wissen erklären. Die Aufgaben zur Überprüfung der Bildungsstandards sind aber nicht geeignet diese Hypothese empirisch zu bestätigen. Dazu werden Aufgaben benötigt, die gezielt das in beruflichen Anforderungssituationen benötigte Fachwissen abfragen.

Zusammengefasst sind die aus der Überprüfung der Bildungsstandards vorliegenden Instrumente also weder geeignet, allgemeine naturwissenschaftliche Kompetenzen in beruflichen Anforderungssituationen zu erfassen, noch geeignet, das spezifische Wissen zu erfassen, das in beruflichen Anforderungssituationen benötigt wird. Hier müssen Instrumente neu entwickelt werden, wofür sich – wie oben diskutiert – als Basis die Aufgaben aus dem Pool für die verbindlichen Abschlussprüfungen der IHK anbieten. Dies soll im Folgenden an ausgewählten Beispielen verdeutlicht werden.

Aufgabenbeispiel Chemie

Aufgabenstamm:

Peter möchte herausfinden, ob die Geschwindigkeit einer Reaktion von der Temperatur (T) und/oder von der Konzentration (c) der Edukte (Ausgangsstoffe) abhängt. Er weiß bereits, dass der Zerteilungsgrad eines Stoffes die Reaktionsgeschwindigkeit beeinflusst.

Itemstamm:

In einem Experiment gibt Peter Salzsäure ($c = 0,1 \text{ mol/L}$) in 4 Reagenzgläser. Jedes Reagenzglas stellt er in ein anderes Wasserbad. Diese haben verschiedene Temperaturen ($T = 10^\circ\text{C}$, $T = 20^\circ\text{C}$, $T = 40^\circ\text{C}$, $T = 80^\circ\text{C}$). Er gibt in jedes Reagenzglas einen gleich großen Zinkstreifen. Er misst für jedes Reagenzglas die Zeit, bis sich der Zinkstreifen vollständig aufgelöst hat.

Item 1: 1 Zusammenhang selektieren:

Welche Frage kann Peter mit seinem Experiment beantworten? Kreuze an.
Hängt die Reaktionsgeschwindigkeit...

- ☐ von der Konzentration der Säure ab?
- ☐ von der Temperatur ab?
- ☐ vom Zerteilungsgrad der Edukte ab?
- ☐ von der Temperatur und von der Konzentration der Säure ab?

Item 2: 1 Zusammenhänge organisieren:

Welches Experiment muss Peter wählen, um zu beweisen, dass der Zerteilungsgrad die Reaktionsgeschwindigkeit beeinflusst? Kreuze an.

	<input type="checkbox"/> Exp. 1	<input type="checkbox"/> Exp. 2	<input type="checkbox"/> Exp. 3	<input type="checkbox"/> Exp. 4
Zeit	Messen	Konstant halten	Messen	Messen
Konzentration	Beliebig	Konstant halten	Beliebig	Konstant halten
Zerteilungsgrad	Gezielt variieren	Beliebig	Konstant halten	Gezielt variieren

Abb. 6: Beispielaufgabe zur Erfassung allgemeiner naturwissenschaftlicher Kompetenzen wie sie im Fach Chemie vermittelt werden sollen (Kauertz u.a. 2010)

In 1827, the botanist ROBERT BROWN examined pollen. He mixed pollen particles with water and looked at this mixture through a microscope. He saw that the pollen moved constantly – each pollen grain seemed to tremble without interruption. Brown assumed that the movement was because the pollen strands were alive. To verify this assumption he conducted an experiment. What had to be investigated by Brown in the experiment? Tick one box. Brown had to investigate...

- ☐ ... if small pieces of dead matter move in water, too.
- ☐ ... if pollen also moves in warmer water.
- ☐ ... if pollen moves in other fluids.
- ☐ ... if the motion can be observed without a microscope.



Abb. 7: Beispielaufgabe zur Erfassung allgemeiner naturwissenschaftlicher Kompetenzen wie sie im Fach Physik vermittelt werden sollen (Kremer u.a. 2012)

Abbildung 8 zeigt eine Aufgabe, die aus dem Aufgabenpool für den Beruf des KFZ-Mechatronikers stammt. Sie zeichnet sich durch eine Anforderungssituation aus, die im Grunde auch aus dem Alltag von Schülerinnen und Schülern der allgemeinbildenden Schule stammen oder ihnen zumindest als Kontext aus dem Physikunterricht bekannt sein könnte. Die Aufgabe sollte mit Wissen aus dem Bereich der Elektrizitätslehre lösbar sein. Derartige Aufgaben sind in Ergänzung zu den Aufgaben aus der Überprüfung der Bildungsstandards geeignet, das schulisch erworbene Wissen, das zur Bearbeitung beruflicher Anforderungssituationen benötigt wird, zu erfassen.

Abbildung 9 zeigt eine Aufgabe aus dem IHK-Aufgabenpool für den Beruf des Industriemechanikers. Diese Aufgabe beschreibt eine berufsfeldbezogene Anforderungssituation (das Drehen). Ist die Anforderungssituation bekannt (sprich: weiß der Proband, was Quer-Plandrehen ist), lässt sich die Aufgabe mit allgemeinem physikalischen

Wissen lösen. Derartige Aufgaben sind geeignet, allgemeine naturwissenschaftliche Kompetenzen in berufsfeldbezogenen Anforderungssituationen zu erfassen.

Diese beiden Aufgaben demonstrieren das Spektrum berufsfeldbezogener naturwissenschaftlicher Kompetenzen zwischen allgemeinen naturwissenschaftlichen Kompetenzen und beruflichen Kompetenzen. Ob sich diese drei Kompetenzdimensionen empirisch abbilden lassen ist aber ebenso wie im Bereich der Mathematik eine Frage, die noch empirisch zu klären ist.

FSEPK13

- 3. Ein Autoradio mit einer Leistung von 50 W bleibt nach dem Abstellen des Motors aus Versehen eingeschaltet. Dabei fließt ein Strom von 4,17 A. Nach welcher Zeit t ist die Batterie (12 V / 66 Ah) entladen, wenn der Ladezustand 72 % beträgt?**

Markieren Sie die korrekte Antwort.

- 01 $t = 11,4 \text{ h}$ ☐
- 02 $t = 13,8 \text{ h}$ ☐
- 03 $t = 15,8 \text{ h}$ ☐
- 04 $t = 20,7 \text{ h}$ ☐
- 05 $t = 25,8 \text{ h}$ ☐

Abb. 8: Beispielaufgabe zur Erfassung berufsfeldbezogener naturwissenschaftlicher (physikalischer) Kompetenzen³

³ Entnommen aus der IHK-Abschlussprüfung für Kraftfahrzeugmechatroniker im Herbst 2009 (IHK-Pal 2009a, copyright IHK Region Stuttgart, PAL).

FSEPI17

- 7 Ein Bolzen soll einen Durchmesser von 25 mm haben. Er soll aus einem Stück Metall gedreht werden. Welche Drehzahl n pro Minute muss bei einer Schnittgeschwindigkeit $v_c = 120 \text{ m/min}$ an der Drehmaschine eingestellt werden?**

Markieren Sie die korrekte Antwort.

- 01 $n = 153 \text{ min}^{-1}$ ☐
- 02 $n = 318 \text{ min}^{-1}$ ☐
- 03 $n = 942 \text{ min}^{-1}$ ☐
- 04 $n = 954 \text{ min}^{-1}$ ☐
- 05 $n = 1528 \text{ min}^{-1}$ ☐

Abb. 9: Beispielaufgabe zur Erfassung berufsfeldbezogener naturwissenschaftlicher (physikalischer) Kompetenzen⁴

Analyse der Zusammenhänge zwischen allgemeinen und beruflichen Kompetenzen

Mit den zur Überprüfung der Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss in Mathematik und den naturwissenschaftlichen Fächern entwickelten Aufgaben liegen bereits Aufgaben vor, die geeignet sind, die allgemeinen mathematischen und naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern mit Eintritt in die Berufsausbildung zu erfassen. Instrumente zur Erfassung beruflicher Kompetenzen liegen aus verschiedenen Arbeiten der Berufs- und Wirtschaftspädagogik vor (z.B. Lehmann & Seeber 2007; Nickolaus, Lazar & Norwig 2012). Schwierig erweist sich allerdings die Auswahl von Instrumenten zur Erfassung spezifischer Transformationen, die Kompetenzen von Auszubildenden auf Grund der unterschiedlichen Zielsetzungen von beruflicher und schulischer Ausbildung unterliegen können. So scheinen insbesondere die Instrumente zur

⁴ Entnommen aus der IHK-Abschlussprüfung für Industriemechaniker im Herbst 2009 (IHK-PAL 2009B, copyright IHK Region Stuttgart, PAL)

Erfassung allgemeiner mathematischer und naturwissenschaftlicher Kompetenzen nicht dazu geeignet zu sein, berufsbezogene Eingangsvoraussetzungen und deren Entwicklung in der beruflichen Erstausbildung valide zu erfassen. Die in diesen Instrumenten verwendeten Anforderungssituationen sind auf alltags- oder fachnahe Anforderungssituationen zugeschnitten. Bisherige Untersuchungen weisen jedoch darauf hin, dass sich Kompetenzen bezüglich derartiger Anforderungssituationen nur in geringer Weise im Verlauf der beruflichen Erstausbildung weiterentwickeln (z.B. Nickolaus, Gschwendtner & Geißel 2008; Watermann & Baumert 2000; vgl. auch Geißel u.a. in diesem Heft). Statt dessen lässt sich vermuten, dass sich eine Weiterentwicklung allgemeiner naturwissenschaftlicher Kompetenzen im Rahmen der beruflichen Erstausbildung dadurch abbilden lässt, dass diese Kompetenzen zur erfolgreichen Bearbeitung einer zunehmenden Zahl berufsfeldbezogener Anforderungssituationen nutzen lässt. Dabei ist zu vermuten, dass berufsfeldbezogenes Wissen, das im Rahmen der beruflichen Ausbildung erworben wird, neben allgemeinen Kompetenzen eine zentrale Rolle spielt. So erfordern Anforderungssituationen aus dem Bereich Kraftfahrzeug-Mechatronik zwar Wissen aus den physikalischen Inhaltsbereichen *Mechanik* und *Elektrizitätslehre*, Anforderungssituationen aus dem Bereich kaufmännischer Berufe entsprechend Wissen aus dem mathematischen Bereich *Funktionaler Zusammenhang*, jedoch muss dieses Wissen in ganz speziellen Kontexten anwendbar sein.

In den Instrumenten zur Erfassung allgemeiner naturwissenschaftlicher Kompetenzen wird solches Wissen mit Berufsfeldbezug zumindest bisher nicht abgefragt. Diese sind darauf abgestimmt, allgemeine Kompetenzen zu erfassen, sodass – unter einem kognitiven Verständnis von Kompetenz – der Umgang mit Fachwissen im Vordergrund steht. Das benötigte Wissen ist in Aufgaben zur Erfassung allgemeiner Kompetenzen deswegen sogar teils vorgegeben. Insofern sind die bestehenden Instrumente zwar generell geeignet zu erfassen, inwieweit die Auszubildenden zu Ausbildungsbeginn allgemeine mathematische

und naturwissenschaftliche Kompetenzen erworben haben, nicht aber, um differenziert zu erfassen, ob die Auszubildenden über das für bestimmte berufsspezifische Situation erforderliche allgemeine Wissen verfügen und dieses auch anwenden können. In diesem Projekt wurden daher zur Erhebung allgemeinen mathematischen und naturwissenschaftlichen Wissens mit Berufsfeldbezug neuartige Aufgaben entwickelt, die derzeit pilotiert werden. Insbesondere kann die Rolle der berufsfeldbezogenen, aber allgemeinen (mathematischen und naturwissenschaftlichen) Kompetenzen zu Beginn der beruflichen Erstausbildung so empirisch geklärt werden. Vorstellbar sind dabei mehrere Möglichkeiten. So kann erwartet werden, dass hohe berufsfeldbezogene (mathematische oder naturwissenschaftliche) Kompetenzen zu Ausbildungsbeginn den Übergang von der Schule in die Berufsausbildung erleichtern, da es eine bessere Passung zwischen bereits vorhandenen Kompetenzen und neuen Lernbereichen gibt. Neben diesen kognitiven Aspekten können auch günstige motivationale Faktoren wirksam werden, da hohe berufsfeldbezogene Kompetenzen gleich zu Ausbildungsbeginn ein individuelles Kompetenzerleben ermöglichen (vgl. Deci & Ryan 1985). Eine spezifische prädiktive Aussagekraft könnte das Konstrukt der berufsfeldbezogenen Kompetenzen auch bei Auszubildenden mit geringen allgemeinen (mathematischen oder naturwissenschaftlichen) Kompetenzen haben: Diese Jugendlichen können sich durch den Erwerb berufsfeldbezogener mathematischer oder naturwissenschaftlicher Kompetenzen in der Ausbildung auf berufsspezifische Lernkontexte beschränken, was im Vergleich zu den fehlenden bzw. variierenden Kontexten im schulischen Fachunterricht nicht mehr so anspruchsvoll und ggf. auch motivierender sein könnte. Zusammenfassend wird deshalb erwartet, dass berufsfeldbezogene Kompetenzen, die in dem Beitrag von Neumann u.a. (in diesem Heft) als zentral herausgearbeitet und im vorliegenden Beitrag unter Rückgriff auf berufliche Anforderungen im Sinne der zentralen Abschlussaufgaben der IHK konkretisiert wurden,

einen spezifischen Beitrag zur Untersuchung von Ausbildungsverläufen von Jugendlichen leisten können. Eine detaillierte Beschreibung von Fähigkeitsentwicklungen und -transformationen im Verlauf der beruflichen Ausbildung und im Anschluss an die schulische Allgemeinbildung soll damit geleistet werden können.

LITERATUR

- Blum, W., Drüke-Noe, C., Hartung, R. & Köller, O. (Hrsg.) (2006). Bildungsstandards Mathematik: konkret. Sekundarstufe I: Aufgabenbeispiele, Unterrichtsanregungen, Fortbildungsideen. Berlin: Cornelsen.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). Intrinsic motivation and self-determination in human behavior. New York: Plenum.
- Erpenbeck, J. (2009). Kompetente Kompetenzerfassung in Beruf und Betrieb. In D. Münck & E. Severing (Hrsg.). Theorie und Praxis der Kompetenzfeststellung im Betrieb – Status Quo und Entwicklungsbedarf (S. 17–44). Bielefeld: Bertelsmann Verlag.
- Franke, G. (2005). Facetten der Kompetenzentwicklung. Bielefeld: Bertelsmann.
- Gschwendtner, T., Geißel, B. & Nickolaus, R. (2010). Modellierung beruflicher Fachkompetenz in der gewerblich-technischen Grundbildung. In E. Klieme, D. Leutner & M. Kenk (Hrsg.). Kompetenzmodellierung. Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes (Zeitschrift für Pädagogik, 56. Beiheft, S. 258–269). Weinheim: Beltz.
- Industrie und Handelskammer (IHK-AkA) (2009). IHK-Zwischenprüfung Herbst 2009. Industriekaufmann/Industriekauffrau. Nürnberg: IHK-AkA.
- Industrie und Handelskammer (IHK-AkA) (2010). IHK-Abschlussprüfung Sommer 2010. Industriekaufmann/Industriekauffrau. Nürnberg: IHK-AkA.
- Industrie und Handelskammer (IHK-PAL) (2009a). IHK-Abschlussprüfung Kraftfahrzeugmechatroniker/-in Herbst 2009. Stuttgart: IHK-PAL.
- Industrie und Handelskammer (IHK-PAL) (2009b). IHK-Abschlussprüfung Industriemechaniker/- in Herbst 2009. Stuttgart: IHK-PAL.

- Institut für die Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) (2012). Aufgabenbeispiele zu den Vergleichsarbeiten Mathematik Sekundarstufe 1. Online-Ressource.
<http://www.iqb.hu-berlin.de/vera/aufgaben>. Zuletzt gesehen am 13.11.2012.
- Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2010).
Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der
Sekundarstufe I. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16, 135–153.
- Klieme, E. & Leutner, D. (2006). Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller
Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. Beschreibung eines
neu eingerichteten Schwerpunktprogramms der DFG. Zeitschrift für Pädagogik,
52, 876–903.
- Kremer, K., Fischer, H.E., Kauertz, A., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2012).
Assessment of standards-based learning outcomes in science education:
Perspectives from the German project ESNaS. In S. Bernholt, K. Neumann & P.
Nentwig (Hrsg) Making it tangible – Learning outcomes in science education (S.
201-218). Münster: Waxmann.
- Lehmann, R. & Seeber, S. (2007). ULME III: Untersuchungen von Leistungen, Motivation
und Einstellungen der Schülerinnen und Schüler in den Abschlussklassen der
Berufsschlussklassen der Berufsschulen. Hamburg: Behörde für Bildung und
Sport.
- Mannel, S., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2008). Schwierigkeitsbestimmende Faktoren
von Aufgaben zu experimentell-naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen für den
unteren Leistungsbereich. In D. Höttecke (Hrsg.). Chemie- und Physikdidaktik für
die Lehramtsausbildung (S.380–383). Berlin: Lit Verlag.

- Musch, M., Rach, S. & Heinze, A. (2009). Zum Spannungsverhältnis zwischen mathematischen Anforderungen im Schulunterricht und im Berufsleben. In A. Heinze & M. Grüßing (Hrsg.). Mathematiklernen vom Kindergarten bis zum Studium. Kontinuität und Kohärenz als Herausforderung beim Mathematiklernen (S. 217–227). Münster: Waxmann.
- Mittelstraß, J. (1989). Der Flug der Eule. Von der Vernunft der Wissenschaft und der Aufgabe der Philosophie. Frankfurt/Main: Suhrkamp Verlag.
- Neumann, I. (2011). Beyond physics content knowledge. Modeling competence regarding nature of scientific inquiry and nature of scientific knowledge. Berlin: Logos.
- Nickolaus, R. (2011). Kompetenzmessung und Prüfungen in der beruflichen Bildung. Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, 107(2), 161–173.
- Nickolaus, R., Lazar, A. & Norwig, K. (2012). Assessing professional competences and their development in vocational education in Germany – State of research and perspectives. In S. Bernholt, P. Nentwig & K. Neumann (Hrsg.), Making it tangible – Learning outcomes in science education (S. 141–161). Münster: Waxmann.
- Nickolaus, R., Gschwendtner, T. & Geißel, B. (2009). Betriebliche Ausbildungsqualität und Kompetenzentwicklung. bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online, Ausgabe 17, 1–21.
- Nickolaus, R., Gschwendtner, B. & Geißel, T. (2008). Entwicklung und Modellierung beruflicher Fachkompetenz in der gewerblich-technischen Grundbildung. Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW), 104 (1), 48–73.
- Notarp, H., Kauertz, A., Neumann, K. & Fischer, H. E. (2008). Kontentvalidität von Tests über Sachstrukturen von Physikschulbüchern. In D. Höttecke (Hrsg.). Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung (S. 137–140), Berlin: Lit Verlag.

Riedl, A. (2004). Didaktik der beruflichen Bildung. München: Franz Steiner Verlag.

Ropohl, M. J. (2010). Modellierung von Schülerkompetenzen im Basiskonzept

Chemische Reaktion: Entwicklung und Analyse von Testaufgaben. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd.107. Berlin: Logos.

Ropohl, M., Walpuski, M. & Sumfleth, E. (2009). Leistungsmessung im

Kompetenzbereich Fachwissen Chemie. In D. Höttecke (Hrsg.). Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung (S. 419–421). Berlin: Lit Verlag.

Seeber, S. & Nickolaus, R. (2010). Kompetenz, Kompetenzmodelle und

Kompetenzentwicklung in der beruflichen Bildung. In R. Nickolaus, G. Pätzold, H. Reinisch & T. Tramm (Hrsg.). Handbuch der Berufs- und Wirtschaftspädagogik (S. 247–257). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik

Deutschland (KMK) (2002). Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf

Industriekaufmann/Industriekauffrau: Beschluss vom 14.06.2002. Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2003). Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Kraftfahrzeugmechatroniker/

Kraftfahrzeugmechatronikerin: Beschluss vom 16.05.2003. Beschlüsse der Kultusministerkonferenz.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik

Deutschland (KMK) (2004). Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 4.12.2003. Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Veröffentlichungen der Kultusministerkonferenz. München: Luchterhand.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2005a). Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004. Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Veröffentlichungen der Kultusministerkonferenz. München: Luchterhand.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2005b). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004. Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Veröffentlichungen der Kultusministerkonferenz. München: Luchterhand.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2005c). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004. Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Veröffentlichungen der Kultusministerkonferenz. München: Luchterhand.

Sträßer, R. (1996). Professionelles Rechnen? Zum mathematischen Unterricht in Berufsschulen. *mathematica didactica*, 19(1), 67–92.

Walpuski, M., Kampa, N., Kauertz, A. & Wellnitz, N. (2008). Evaluation der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften. *MNU*, 61(6), 323–326.

Watermann, R. & Baumert, J. (2000). Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung beim Übergang von der Schule in den Beruf. In J. Baumert, W. Bos & R. H. Lehmann (Hrsg.). *Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie. Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung am Ende der Schullaufbahn. Band 1: Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung am Ende der Pflichtschulzeit* (S. 199–259). Opladen: Leske + Budrich.

Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.). Leistungsmessungen in Schulen (S. 17–31). Weinheim: Beltz Verlag.

Weinstein, C. & Mayer, R. (1986). The teaching of learning strategies. In M. C. Wittrock (Hrsg.). Handbook of research on teaching (S. 315–327). New York: Macmillan.

